

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingeniera Electrónica

TEMA:
SEÑALES DE SOCORRO PARA PACIENTES CON EPILEPSIA
MEDIANTE ONDAS CEREBRALES

AUTORA:
MARICELA TATIANA ORDEN ROMO

TUTORA:
CARMEN JOHANNA CELI SÁNCHEZ

Quito, septiembre del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORA

Yo Maricela Tatiana Orden Romo, con documento de identificación N° 1600681207, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: “SEÑALES DE SOCORRO PARA PACIENTES CON EPILEPSIA MEDIANTE ONDAS CEREBRALES”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Electrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Maricela Tatiana Orden Romo

C.I. 1600681207

Quito, septiembre 2020.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo Académico SEÑALES DE SOCORRO PARA PACIENTES CON EPILEPSIA MEDIANTE ONDAS CEREBRALES, realizado por Maricela Tatiana Orden Romo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre del 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Carmen Johanna Celi Sánchez', written over a horizontal line.

Carmen Johanna Celi Sánchez

Cédula de identidad: 1717437808

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar una etapa de mi vida, a mis padres mis pilares fundamentales que siempre me han guiado y a pesar de todas las adversidades siempre han estado presentes para apoyarme y brindarme un consejo o una palabra de aliento, a mis hermanos que sé que siempre estarán para apoyarme, a Cristian por ser una persona incondicional.

Señales de Socorro para Pacientes con Epilepsia mediante Ondas Cerebrales

Maricela Tatiana Orden Romo, Carmen Johanna Celi Sánchez

Universidad Politécnica Salesiana Quito, Ecuador

morden@est.ups.edu.ec, cceli@ups.edu.ec

Resumen - Este documento analiza las señales cerebrales de personas con epilepsia, obtenidas a través de una diadema de electrodos, para ser procesadas mediante software programado en python, el cual interpretará su comportamiento y serán comparadas con las señales cerebrales de personas sin la enfermedad para su respectivo análisis, por medio del uso de sistemas que relacionan interfaces cerebro computadora (Brain Computer Interface, BCI), en la actualidad existen varias técnicas para la obtención de las señales cerebrales de acuerdo a las necesidades que se requiera cubrir en los pacientes, uno de los aspectos claves de este estudio es la obtención de las señales cerebrales a través de electrodos, de esta manera se ha desarrollado un sistema que permita dar aviso con la ayuda de mensajería GSM (Global System for Mobile communications), para una pronta atención del paciente enviando la ubicación actual a través de GPS (Global Positioning System), el nivel de gravedad de la convulsión y el tiempo que ha permanecido el paciente convulsionando.

Palabras clave - señales cerebrales, diadema de electrodos, GPS, GSM, sistema BCI (Brain Computer Interfaz), python.

Abstract - This document analyzes the brain waves of people who have been diagnosed with epilepsy. The process uses an electrode headband then the information obtained is processed by software programmed in the Python programming language, which log their behavior and to be compared and contrasted with the brain waves of people without the disease for a clear respective analysis. Through the use of systems that relate brain computer interfaces (Brain Computer Interface, BCI). Currently there are several techniques to collect and study brain waves depending on the needs which are required for each unique patient. One key to this study is obtaining brain waves through the use of electrodes. The system has been developed giving notice with the help of GSM (Global System for Mobile communications) allowing, for prompt patient care by sending their current location via GPS (Global Positioning System), when they have a seizure and cannot contact help because the patient has remained convulsing.

Keywords – Brain waves, electrode headband, GPS, GSM, BCI (Brain Computer Interfaz), python.

I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades que aquejan a los seres humanos hoy en día son innumerables, muchas de estas incluso pueden llegar a provocar alteraciones en su forma de vida, y ocasionar que las personas tengan que aislarse de la sociedad que los rodea [1].

Las enfermedades neurológicas pueden llegar a ser muy difíciles de manejar más aún cuando se trata de realizar pruebas para verificar el comportamiento de la enfermedad [2].

Los continuos avances tecnológicos han permitido el desarrollo de equipos que facilitan realizar exámenes como Electroencefalogramas (EEG) que pueden llegar a ser tedioso e incómodo para los pacientes [3].

Para esto se ha desarrollado un sistema apoyado en una diadema de electrodos que permite la toma de ondas cerebrales en tiempo real, estas ondas son transmitidas a un software programado en python el cual las procesa.

Este tipo de sistemas son de mucha ayuda en el área médica ya que hay casos en los que los pacientes no presentan reacciones físicas de convulsión, y estas convulsiones son a nivel neurológico y pueden ser detectadas únicamente durante un EEG [3].

A. Epilepsia

“La epilepsia es una enfermedad cerebral que se define por cualquiera de las siguientes circunstancias” [4]:

- Al menos dos crisis no provocadas (o reflejas) con >24 h de separación.
- Una crisis no provocada (o refleja) y una probabilidad de presentar nuevas crisis durante los 10 años siguientes similar al riesgo general de recurrencia (al menos 60%) tras la aparición de dos crisis no provocadas.
- Diagnóstico de un síndrome de epilepsia.

“Para considerar que un paciente se ha recuperado de un síndrome epiléptico depende de la edad, o aquellos pacientes que no han tenido una crisis en los 10 últimos años y que no han sido medicados por al menos 5 años” [4].

“Las crisis epilépticas suelen durar de unos pocos segundos hasta alrededor de tres minutos, y raramente más de cinco minutos. Después de una crisis los pacientes pueden tener déficits neurológicos, durante las crisis se pueden producir mordeduras laterales en la lengua” [3].

En 2017, la Liga Internacional contra la Epilepsia (ILAE), establece tres niveles de diagnóstico: “el primer nivel es el tipo de crisis, que incorpora focal, generalizada o de inicio desconocido; además se agrega dos conceptos la comorbilidad (entidades patologías asociadas) y la etiología. El tercer nivel de diagnóstico lo constituye el síndrome epiléptico” [5].

En la Fig. 1 se muestra la clasificación de la enfermedad.



Fig. 1. Clasificación de epilepsia.
Adaptado de [6]

B. Métodos de Neuroimagen

“Existen varios métodos de neuroimagen como por ejemplo Magnetoencefalografía (MEG), Tomografía por emisión de Positrones (PET), entre otros”. La electroencefalografía es uno de los métodos más usados el cual registra la actividad eléctrica cerebral a través del cuero cabelludo, se colocan múltiples electrodos en lugares específicos de la cabeza [7], [8].

Con los avances tecnológicos se han desarrollado sistemas que permitan facilitar la vida de estas personas como son los sistemas BCI: Interfaz Cerebro-Computador, los cuales constituyen ser una combinación de hardware y software [7], que dan seguimiento a la actividad cerebral y permiten la interpretación de características para traducirlas en comandos de control hacia un dispositivo [9].

Las principales aplicaciones de los sistemas BCI están enfocados a la parte médica, por lo que su utilización en hospitales es muy amplia, a través de ellos se puede facilitar la asistencia en enfermedades neurológicas [10].

Las aplicaciones BCI registran ondas cerebrales y envían las señales a un sistema que puede realizar una tarea esperada; el objetivo es traducir estas señales en comandos que puedan ser interpretados por el sistema BCI; actualmente estos sistemas tienen aplicaciones médicas que ayudan a personas con discapacidades [11].

C. Tipos de sistemas BCI

“Existen técnicas empleadas para la colocación de los electrodos, los cuales son mediante BCI invasivo, BCI no invasivo y BCI semi-invasivo” [7].

• BCI Invasivo

Se implantan microelectrodos mediante una craneotomía, debajo del cráneo. En este tipo de técnica la señal puede llegar a ser de alta calidad, con una buena resolución y una frecuencia alta, pero se expone a la acumulación de tejido cicatricial lo cual puede provocar que la señal se pierda [7]. “La señal registrada de los electrodos que penetran en el tejido cerebral son denominados registros intracorticales” [12].

• BCI No Invasivo

Para este caso no se requiere cirugía, pero las señales pueden ser de baja calidad y menor costo, este método es menos invasivo por lo tanto es menos riesgoso [7] [11].

“La mayoría de los sistemas BCI se basan en sensores ubicados fuera de la cabeza que cumplan la función de detectar la actividad eléctrica producida por el cerebro” [13].

D. Diadema Emotiv Insight

“La diadema Emotiv Insight cuenta con 5 canales para EEG móvil, que cuenta con electrónica avanzada que está completamente optimizada para producir señales limpias y robustas en cualquier momento y en cualquier lugar”. En la Fig. 2, se muestra la diadema usada en la investigación [14].



Fig. 2. Diadema Emotiv Insight.
Adaptado de [14].

E. Tarjeta Lattepanda

La tarjeta Lattepanda es una minicomputadora que permite instalar diferentes sistemas operativos como Windows 10 (preinstalado) y Enterprise, Linux Ubuntu [15]; aunque su tamaño es pequeño se la puede comparar con una PC, esta placa de desarrollo puede ser usada como placa controladora ya que es compatible con Arduino [16].

En la Fig. 3 se muestra la estructura de la tarjeta Lattepanda.

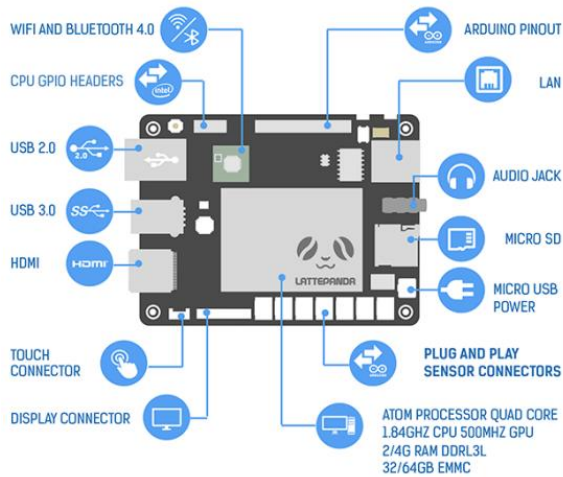


Fig. 3. Estructura de la tarjeta LattePanda.
Adaptado de [15].

F. Modulo GPS-GSM Sim808

Es un módulo GSM/GPRS de banda cuádruple completo que combina la tecnología GPS para la navegación por satélite; con una interfaz estándar de la industria [17].

En la Fig. 4, se muestra el módulo.



Fig. 4. Módulo SIM808
Adaptado de [17].

II. METODOLOGÍA

El desarrollo del sistema está basado en la adquisición de señales cerebrales usando una diadema de electrodos, el sistema cuenta con una interfaz que muestra las señales adquiridas por la diadema, la que detectará convulsiones y generará señales de socorro mediante el envío de mensajes de texto con el estado del paciente y su ubicación aproximada lo cual permitirá facilitar la realización de electroencefalogramas en personas en todo o cualquier momento. En la Fig. 5, se muestra el diagrama de bloques del sistema en tiempo real. El sistema puede ser subdividido en tres partes: A) adquisición de la señal, B) procesamiento de los datos, C) generación de alertas.

A. Adquisición de la señal, se realiza a través de la lectura de los sensores de la diadema Emotiv Insight ubicada en la cabeza del voluntario, estos datos son procesados en tiempo real, esta lectura es elaborada por software desarrollado en python.

B. *Procesamiento de los datos*, cada uno de los valores entregados por cada sensor de la diadema es analizado comparando que estos valores recibidos superan el umbral, lo cual indicaría que se ha generado una convulsión, estos valores son estudiados para que no se den falsos positivos, es decir señales que superen el valor de umbral sin la necesidad de estar ocurriendo una convulsión, en caso de que el voluntario tenga un movimiento repentino o se encuentre sometido a situaciones de mucho estrés en los cuales se pueden generar picos en las señales que sobrepasan el valor de umbral asignado.

C. *Generación de alertas*, se genera cuando se encuentre la señal que supera el valor del umbral, para lo cual se envía por el puerto serial, hacia el Arduino Leonardo, que se encuentra incluido en la tarjeta LattePanda. un dato el cual indique la existencia de una convulsión, se procesa este dato para la generación de alertas mediante mensajes de texto, el primer mensaje constituye la información: nombre del paciente, ubicación geográfica del mismo, cuando haya terminado la convulsión se envía otro mensaje de texto con la información: nombre del voluntario, gravedad de la convulsión y su duración.

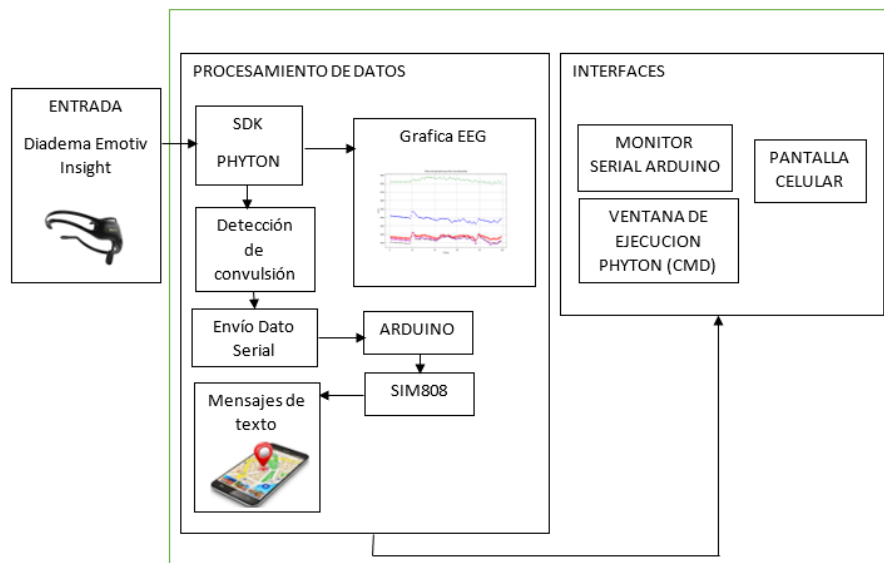


Fig. 5. Diagrama de bloques del sistema

D. Hardware final

En la Fig. 6, se muestra el hardware final del sistema desarrolla, con cada uno de los componentes de este.

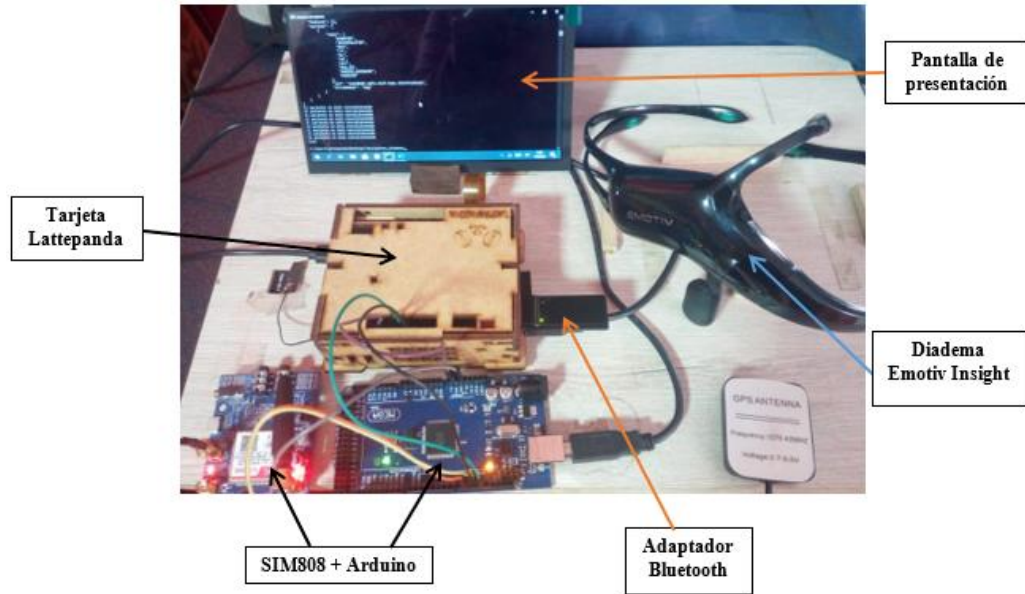


Fig. 6. Hardware final.

E. Análisis de las señales

Los datos para el estudio comparativo se tomaron en niños con distintas enfermedades incluyendo la epilepsia en pacientes del hospital de niños del cual no se puede revelar sus nombres tampoco la entidad médica por guardar los derechos de información confidencial que no deben ser divulgados por compromisos institucionales.

En la Tabla 1, se indica los datos de los voluntarios sin la enfermedad con los que se realizó las pruebas.

Tabla 1. Datos de voluntarios sin la enfermedad.

Voluntarios	Nombre	Edad	Sexo
V1	Elsa	4 años	Femenino
V2	Melanie	12 años	Femenino
V3	Lady	8 años	Femenino
V4	Cristian	29 años	Masculino
V5	Tatiana	32 años	Femenino

En la Tabla 2, se indica los datos de los voluntarios con la enfermedad con los que se realizó las pruebas; además la fila de voluntarios será reconocida por la abreviatura Ve#, siendo # la numeración otorgada al voluntario.

Tabla 2. Datos de voluntarios con la enfermedad.

Ve#	Nombre	Edad	Sexo	Enfermedad
Ve1	Dylan	5 años	Masculino	Epilepsia
Ve2	Manuel	12 años	Masculino	Epilepsia (ausencias)
Ve3	Robinson	8 años	Masculino	Enfermedad autoinmune
Ve4	Raquel	10 años	Femenino	Hidrocefalia
Ve5	Victoria	7 años	Femenino	Epilepsia
Ve6	Evelin	7 años	Femenino	Absceso cerebral

Ve7	Jefferson	12 años	Masculino	Hidrocefalia Escoliosis
-----	-----------	---------	-----------	----------------------------

A continuación, en la Fig. 7, se muestra una de las pruebas realizadas a un voluntario sin la enfermedad, en la Tabla 3, se muestran los datos del voluntario.

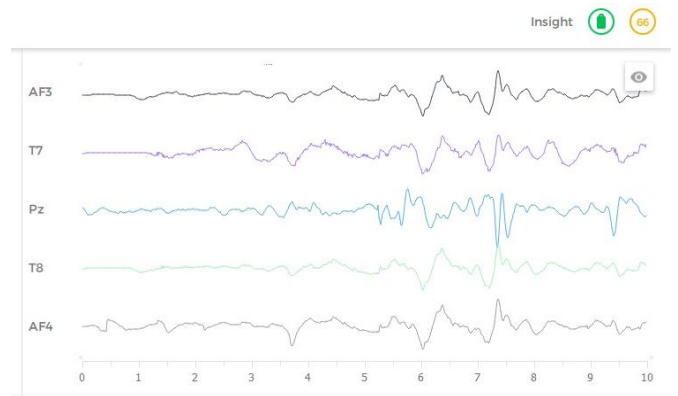


Fig. 7. Voluntario femenino sin la enfermedad.
Adaptada de [18].

Tabla 3. Datos: voluntario sin la enfermedad.

Nombre	Lady
Edad	4
Sexo	Femenino
Enfermedad	Sin ninguna enfermedad

En la Fig. 8, se muestra una de las pruebas realizadas a un voluntario con la enfermedad, y en la Tabla 4 se muestran los datos.

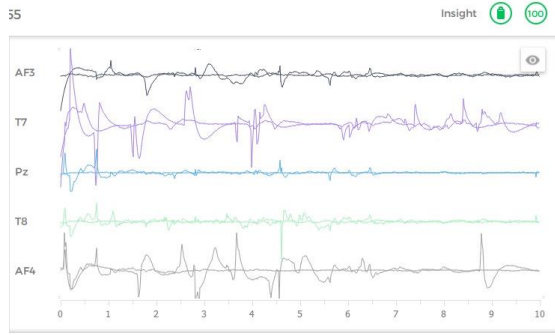


Fig. 8. Voluntario masculino con epilepsia
Adaptada de [18].

Tabla 4. Datos: voluntario con la enfermedad.

Nombre	Dylan
Edad	5
Sexo	Masculino
Enfermedad	Epilepsia

F. Análisis para la asignación del Umbral

Se puede determinar cómo umbral a una delimitación de la percepción que tiene magnitudes máximas y mínimas [19].

Es decir que será una cantidad mínima de la señal que se registra por el sistema, para que se realice este proceso de análisis, con la menor cantidad de estímulo que tiene la probabilidad de ser detectado [2].

El análisis realizado para el desarrollo del software se basa únicamente en los valores de lectura de los sensores de la diadema, en el programa realizado en python se compara la lectura de cada uno los sensores, con el valor de umbral asignado, como la convulsión puede generarse en cualquier lugar del cerebro se comprará cada uno de estos valores y si alguno de ellos supera el valor del umbral, indicará que se produjo una convulsión.

En la Tabla 5, se muestra los valores de lectura de cada sensor en cada uno de los voluntarios sin la enfermedad además la columna de voluntarios será reconocida por la abreviatura V#, siendo # el número asignado al voluntario.

Tabla 5. Valores promedio de cada voluntario.

V#	AF3	T7	PZ	T8	AF4
V1	4230	4067	4183	4183	4211
V2	4238	4257	4196	4142	4214
V3	4224	4349	4163	4151	4211
V4	4238	4257	4196	4143	4214
V5	4282	4270	4178	4190	4262

En la Tabla 6, se muestra el promedio de cada una de estas lecturas.

Tabla 6. Promedios de cada sensor.

Sensor	Promedio
AF3	4242

T7	4240
Pz	4183
T8	4161
AF4	4222

De acuerdo con los experimentos que se realizaron en voluntarios sin registro de la enfermedad, los valores arrojados por la lectura tuvieron valores promedios aproximados entre 4000 y 4300. Con la referencia de estos valores se asignó el valor de umbral de 4500, ya que, para los casos de convulsión, el mínimo valor superior al umbral fue de 4600.

En la Fig. 9, se muestra la delimitación de umbral por un valor máximo a detectar. Para obtener este valor se tomó el promedio máximo de las lecturas de los sensores a las personas que no tienen la enfermedad.

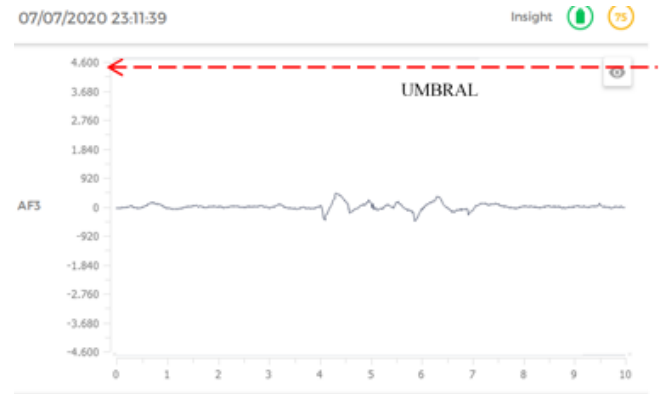


Fig. 9. Delimitación del umbral
Adaptada de [18].

Como se puede observar en la figura 9, se muestra los datos del canal AF3 de la diadema, esta lectura fue realizada en un voluntario sin la enfermedad y como se puede ver los valores no superan al umbral.

En la Figura 10, se muestra una gráfica del canal T7 de una persona con convulsión para poder ver los valores de umbral superados.

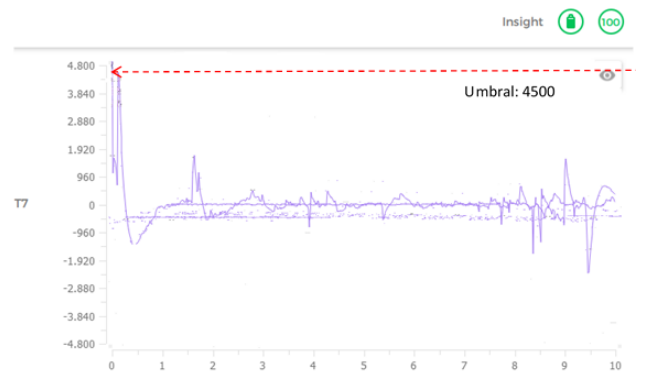


Fig. 10. Gráfica de convulsión que supera el umbral establecido
Adaptada de [18].

Como se puede observar en la Fig. 10, la lectura del sensor T7 supera el valor de umbral por lo tanto está sucediendo una convulsión.

G. Niveles de convulsión

En base a la información recopilada en la investigación para establecer los niveles de gravedad de una convulsión se analizó las posibles consecuencias que tiene una convulsión en base al tiempo de duración, teniendo conocimiento del “daño neuronal y complicaciones sistémicas que esta enfermedad puede llegar a provocar” si no es atendida a tiempo [20].

En la Tabla 7 se muestra los tiempos estimados para el envío de alertas.

Tabla 7. Niveles de gravedad de una convulsión

Tiempo de duración		
< 3 [s]	5 a 9 [s]	>9 [s]
Leve	Media	Grave

El nivel de la convulsión se determina por el tiempo que sobrepasa la señal cerebral del umbral establecido en 4500 analizado en cualquier canal de la diadema Emotiv Insight, este nivel se enviará en un mensaje de texto con el mismo procedimiento que se realizó para la ubicación y el nombre de la persona que esté convulsionando.

H. Software Python

“Python es un lenguaje de programación orientado a objetos claro y potente, comparable con Perl, Ruby, Scheme o Java” [21].

Debido a las grandes ventajas que presenta este software libre, se lo ha seleccionado para el desarrollo del proyecto. En la Fig. 11, se muestra la parte del análisis dentro de python.

```
def analisis(data, umbral, lapso, tiempo_lectura):
    global convulsion, contador
    auxiliar = 1/tiempo_lectura # calcula el numero de iteraciones debería calcular en 1
    lapso_total = lapso * auxiliar # calcula el tiempo total a calcularse

    try:
        af3 = float(data[0])
        t7 = float(data[1])
        pz = float(data[2])
        t8 = float(data[3])
        af4 = float(data[4])

        # si alguno de los valores obtenidos supera al limite establecido (umbral)
        if ((af3>umbral) or (t7>umbral) or (pz>umbral) or (t8>umbral) or (af4>umbral)):
            # si cumple cualquiera de las condiciones, ademas debe sumar en tiempo
            contador += auxiliar

    except:
        print("No se pudo procesar toda la informacion")

    if (contador>lapso_total): # si las iteraciones sobrepasan el tiempo de referencia
        convulsion = True # paciente convulsionando

    if (convulsion): # si es verdadero
        print ('El paciente esta convulsionando')
        #envio_serial('a') # envia la letra a por puerto serial
        grafica(data) # grafica los valores
    else: # caso contrario (es decir, es falso)
        print ('El paciente no esta convulsionando')
        #envio_serial('b') # envia la letra b por puerto serial

    exportar_csv(data, nombre_archivo); # exporta los datos al archivo csv

#funcion para el envio de datos por puerto serial
def envio_serial(dato):
    global puerto, mensaje
```

Fig. 11. Análisis de convulsión python
Adaptada de [22].

En la Tabla 8, se muestran la configuración de los comandos AT necesarios para el envío de mensajes de texto.

Tabla 8. Comandos AT usados para enviar mensajes de texto usando GSM

Comando	Descripción
AT	Asegura que el módulo está trabajando correctamente.
AT+CMGF=1	Configuración de mensaje de texto (SMS)

AT+CMGS=" #teléfono"	Configura el número de transmisión del mensaje y envío del mensaje de texto. Después de recibir el símbolo >, se puede enviar un mensaje (termina con 0x1A)
0x1A	Este es la terminación. Antes de enviarlo, debe marcar la opción enviar como hexadecimal.

En la Tabla 9, se muestran los comandos AT que deben ser configurados para la activación del GPS [6].

Tabla 9. Comandos AT para GPS usados para enviar valores de latitud y longitud.

Comando	Descripción	Respuesta
AT	Funcionamiento del módulo.	Ok
AT+CGNSPWR=?	Enciende el GPS	Ok
AT+CGNSINF	Obtiene información de la ubicación actual del GPS	<GNSS run status>, <fixstatus>, <UTC date & time>, <latitude>,<longitude>, <MSL altitude>, <speed overground> Ok

III. EVALUACIÓN

Para la evaluación se consideró dos aplicaciones. La primera fue desarrollada en la toma de datos en tiempo real, y la segunda fue la toma de datos mediante el software de la diadema EmotivPro seguido del análisis del archivo generado por el software.

A. Análisis en tiempo real

En la Tabla 10, se muestra los datos del voluntario.

Tabla 10. Datos: voluntario con epilepsia.

Nombre	Lenis
Edad	12
Sexo	Masculino
Enfermedad	Edema cerebral Crisis convulsiva

En la Fig. 12, se muestra la calidad de contacto de los sensores en la cabeza del voluntario.

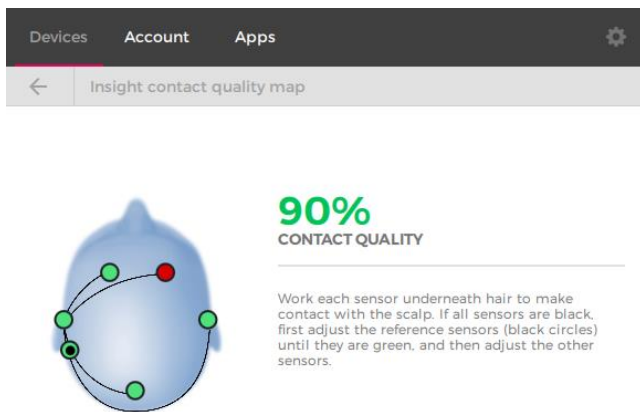


Fig. 12. Calidad de contacto de los sensores en la cabeza del voluntario
Adaptada de [18].

En la Tabla 11 se muestra la interpretación de cada una de las líneas que se muestran en las gráficas:

Tabla 11. Interpretación de las gráficas.

Canal	Color
AF3	Verde
T7	Rojo
Pz	Azul
T8	Cian
AF4	Morando

En la Fig. 13, se muestra la impresión del mensaje de alerta en la ventana de comandos, así como la gráfica de los datos de la convulsion.

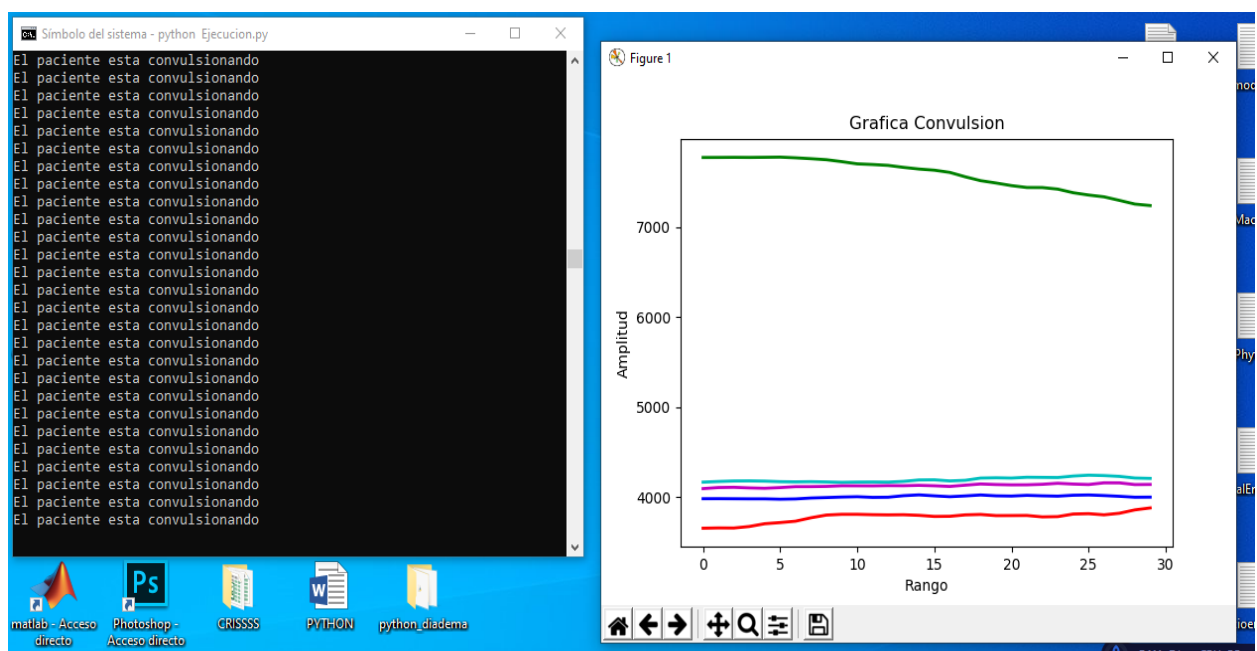


Fig. 13. Impresión de mensaje de alerta y gráfica.
Adaptada de [22].

En la Fig. 14, se muestra la gráfica de la convulsión, como la gráfica va avanzado conforme se recibe datos, en el lado a) se muestra el inicio de la convulsión, y en el lado b) se muestra el avance de la convulsión.

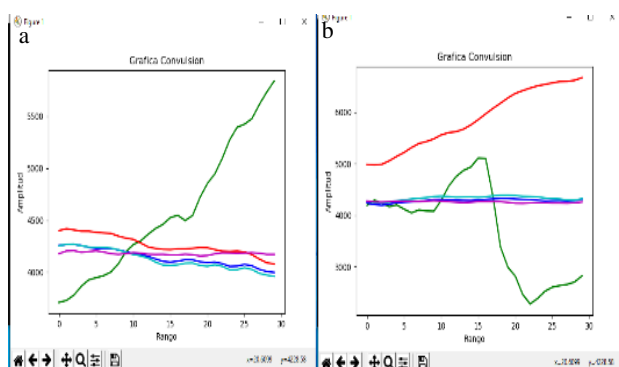


Fig. 14. Gráfica de convulsión
Adaptada de [22].

En la Fig. 15, se muestra la gráfica guardada de la prueba realizada al voluntario.

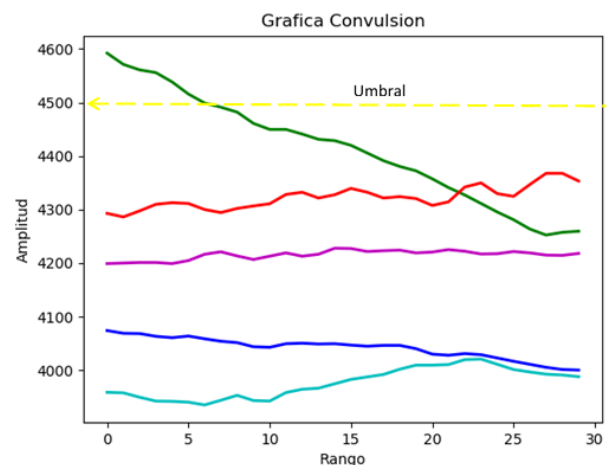


Fig. 15. Gráfica guardada de la prueba realizada
Adaptada de [22].

Mientras el software no detecte una convulsión se imprimirá en pantalla el mensaje de que el voluntario no está convulsionando como se muestra en la Fig. 16.

```

Simbolo del sistema - python: ejecucion.py
}
{
  "id": 1,
  "jsonrpc": "2.0",
  "result": {
    "failure": [],
    "success": [
      {
        "cols": [
          "COUNTER",
          "INTERPOLATED",
          "AF3",
          "T7",
          "Pz",
          "T8",
          "AF4",
          "RAW_CQ",
          "MARKER_HARDWARE",
          "MARKERS"
        ],
        "sid": "0f338236-14c6-4752-8b6a-46003488b0a6",
        "streamName": "eeg"
      }
    ]
  }
}
}
El paciente no esta convulsionando
El paciente no esta convulsionando
El paciente no esta convulsionando
El paciente no esta convulsionando
El paciente no esta convulsionando

```

Fig. 16. Mensaje mientras no haya convulsión
Adaptada de [22].

B. Análisis de datos tomados del software EmotivPro

En la Tabla 12, se muestran los datos del voluntario.

Tabla 12. Datos: voluntario con epilepsia.

Nombre	Victoria
Edad	7
Sexo	Femenino
Enfermedad	Epilepsia de nacimiento

En el cuadro mostrado en la Fig. 17, deben ser ingresados datos como en nombre del archivo entre otros:

Fig. 17. Ventana de dialogo
Adaptada de [22].

Una vez ingresados los datos, se empieza el análisis del archivo, que tomará cierto tiempo, dependiendo de la cantidad de datos que se hayan tomado con el software EmotivPro, de igual manera en el monitor serial de Arduino se puede observar los datos del voluntario, y el momento en que el programa de python detecte la convulsión se envía el mensaje de texto con los datos, como se muestra en la Fig. 18, después de esto se entregará la gráfica de la convulsión.

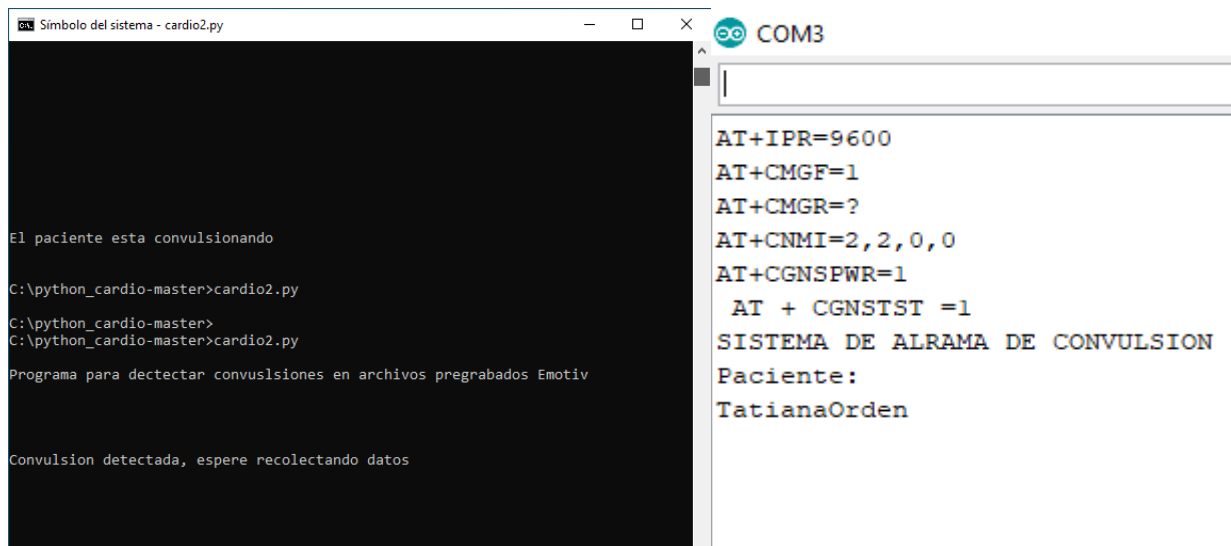


Fig. 18. Mensajes.
Adaptada de [22].

La gráfica que el programa entrega puede ser guardada, como se muestra en la Fig. 19.

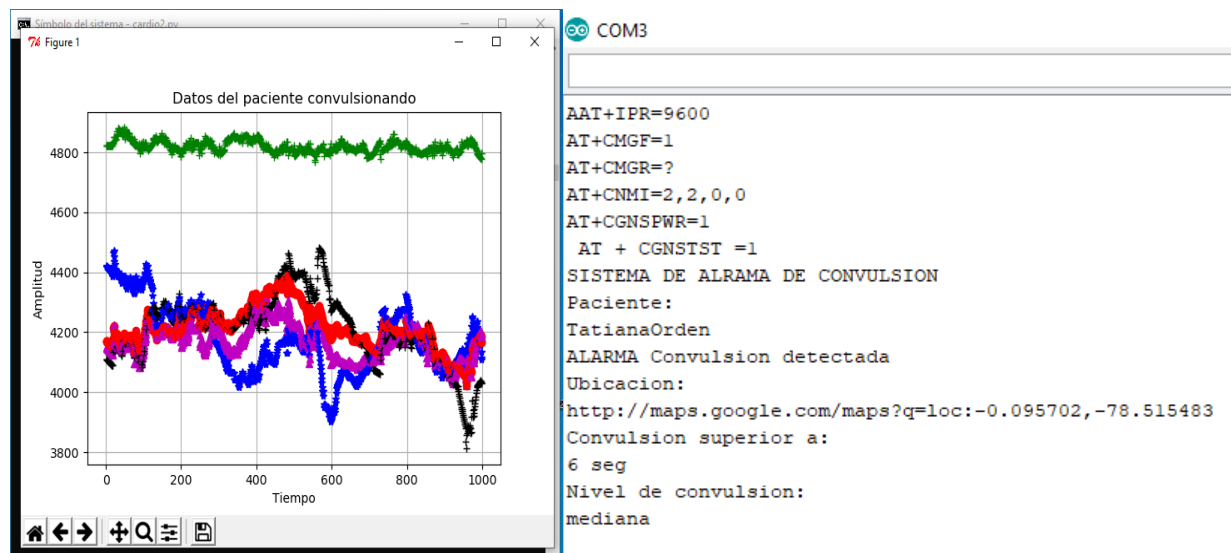


Fig. 19. Gráfica de convulsión
Adaptada de [22].

En la Fig. 20, se muestra el mensaje de texto enviado con los mismos datos que se muestra en el monitor serial de Arduino.



Fig. 20. Mensaje de texto recibido.
Adaptada de [23].

IV. CONCLUSIONES

La entrada principal del sistema es la diadema Emotiv Insight, para la adquisición de las señales cerebrales captadas a través de 5 canales por los electrodos de la diadema. Para el procesamiento de las ondas cerebrales se desarrolló un software en python, el cual permite dos tipos de análisis, el primero en tiempo real cumpliendo con el objetivo fundamental del proyecto, y el segundo para archivos pregrabados con el software propio de la diadema EmotivPro. La fase de alarmas se efectúa a través de GSM y GPS que permiten la mensajería con la información: nombre de la persona, ubicación actual, nivel de convulsión y tiempo de duración de la convulsión.

En algunos casos realizar un EEG no es de fácil acceso por lo cual es sistema desarrollado es de ayuda en el área médica, además permite el monitoreo constante del comportamiento del cerebro, cabe recalcar que la diadema Emotiv Insight no es un dispositivo médico motivo por el cual el paciente debe ser permanentemente monitoreado por personal médico capacitado en el área.

El resultado del comportamiento de las señales analizadas determina que no se puede alertar con anterioridad una convulsión, debido a que las señales se disparan en cualquier momento o instante, y que le comportamiento de la señal antes de que empiece la convulsión no genera ningún cambio en el cerebro lo cual no permite que se pueda predecir una convulsión sino simplemente se puede entregar los mensajes cuando el sistema detecta que se ha generado una convulsión.

REFERENCIAS

- [1] I. Reyes, J. Hernandez, A. Chumaceiro y C. Salcedo, «Epilepsia un abordaje social: experiencia de sensibilización y concientización ciudadana.», *Orbis. Revista Científica Ciencias Humanas*, vol. 12, n° 35, pp. 58-76, 2016.
- [2] J. Mercadé, M. Toledo, J. Mauri, F. López, X. Salas y J. Sancho, «Guía oficial de la Sociedad Española de Neurología de práctica clínica de epilepsia.», *Neurología*, vol. 31, n° 2, pp. 121-129, 2016.
- [3] K. Hampel, M. Garcés, A. Gómez, M. Palanca y V. Villanueva, «Desafíos diagnósticos en epilepsia.», *Revista de Neurología*, vol. no, n° 68, pp. 255-263, 2019.
- [4] R. Fisher, C. Acevedo, A. Arzimanoglou, A. Bogacz, H. Cross, C. Elger, J. Engel, L. Forsgren, J. French, M. Glynn, D. Hesdorffer, B. Lee, G. Mathern, S. Moshé, E. Perucca, I. Scheffer, T. Tomson, M. Watanabe y S. Wiebe, «Definición clínica práctica de la epilepsia.», *Wiley Periodicals, Inc.*, vol. 55, n° 4, pp. 475-482, 3 Enero 2014.
- [5] J. Reséndiz, J. Pérez, E. Olivas, E. García, Y. Roque, M. Hernández, J. Castro y J. Rayo, «Guía clínica. Definición y clasificación de la epilepsia.», *Revista Mexicana de Neurociencia*, vol. 20, n° 3, pp. 62-67, 2019.
- [6] A. Varade, N. Gajbhiye, B. Mousam y V. Panchbhai, «SMART HELMET USING GSM AND GPS.», *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 04, n° 03, pp. 1662-1667, 2017.
- [7] R. Ramadan y A. Vasilakos, «Brain Computer Interface: control signals review.», *Neurocomputing*, vol. 223, pp. 26-44, 2017.
- [8] S. Lee, Y. Shin, S. Woo, K. Kim y H. Lee, «Dry Electrode Desing and Performance Evaluation for EEG based Bel system.», *Int. Wintwer Work Brain-Computer Interface*, pp. 52-53, 2013.
- [9] B. Medina, J. Sierra y A. Ulloa, «Técnicas de extracción de características de señales EEG en la imaginación de movimiento para sistemas BCI.», *ESPACIOS*, vol. 39, n° 22, p. 36, 2018.
- [10] L. Sanchez, «Universidad Autónoma de Querétaro.», no Octubre 2017. [En línea]. Available: <http://ring.uaq.mx/handle/123456789/1272>. [Último acceso: 6 Agosto 2020].
- [11] N. Tiwar, R. Edla, S. Dodia y A. Bablani, «Brain computer interface: A comprehensive survey.», *Biol. Inspired Cogn. Archit*, vol. 10, n° 005, pp. 118-129, 2018.
- [12] B. Graimann, P. A y P. G, «Brain-Computer Interfaces: A Gentle Introduction.», de *The Frontiers Collection*, Berlin, Springer, 2009, pp. 1-27.
- [13] F. Babiloni, F. Concotti, M. Mattiocco, A. timperi, S. Salinari, M. Marciana y M. Donatella, «Brain Computer Interface: estimation of cortical activity from non invasive high resolution EEG recordings.», *he 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, vol. 10, n° 1109, pp. 4375-4376, 2004.
- [14] <https://www.emotiv.com/>, «EMOTIV.», 6 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.emotiv.com/>. [Último acceso: 7 Julio 2020].
- [15] L. Team, «Lattepanda.», MkDocs, 2016. [En línea]. Available: http://docs.lattepanda.com/content/1st_edition/os/. [Último acceso: 11 Agosto 2020].
- [16] T. Nasution, M. Muchtar, S. Seniman y I. Siregar, «Monitoring temperature and humidity of server room using Lattepanda and ThingSpeak.», *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1235, n° 012068, 2019.
- [17] M. E. T. OÜ, «SIMCom.», [En línea]. Available: <https://simcom.ee/modules/gsm-gprs-gnss/sim808/>. [Último acceso: 7 Agosto 2020].
- [18] Software EmotivPro, Quito, 2020.
- [19] J. Echegoyen, «Torre de Babel Ediciones.», 1 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.e-torredebabel.com/Psicologia/Vocabulario/Umbral.htm>. [Último acceso: 13 Agosto 2020].
- [20] A. Maldonado, W. Ramos, J. Pérez, H. L y G. E. E, «Estado epiléptico convulsivo: características clínico-epidemiológicas y factores de riesgo en Perú.», *Sociedad Española de Neurología*, vol. 25, n° 8, pp. 478-484, 2019.
- [21] ChrisM, «Python TM.», BeginnersGuide / Overview, 18 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://wiki.python.org/moin/BeginnersGuide/Overview>. [Último acceso: 7 Agosto 2020].
- [22] Interprete Python, Sublime, Quito, 2020.
- [23] Arduino, Quito, 2020.
- [24] J. F. Tellez Zenteno y L. Ladino, «Epilepsia temporal: aspectos clínicos, diagnósticos y de tratamiento.», *Revista de Neurología*, vol. 56, n° 4, pp. 229-242, 2013.
- [25] M. Cinta, «Universidad Complutense Madrid.», Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://eprints.ucm.es/58423/1/Unidad%204.%20M%C3%A9todos%20psicof%C3%ADsicos.pdf>. [Último acceso: 7 Agosto 2020].